

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-231401

(43)Date of publication of application : 05.09.1997

(51)Int.CI. G06T 15/00
G06T 11/00

(21)Application number : 08-273064

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 24.09.1996

(72)Inventor : HORIKAWA JUNJI
TOTSUKA TAKUSHI

(30)Priority

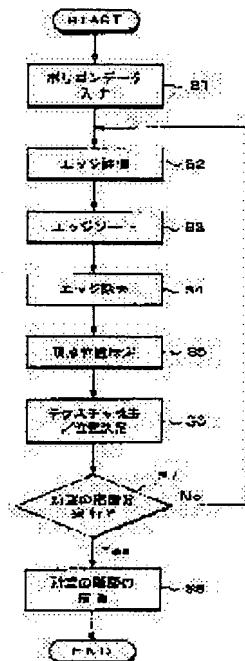
Priority number : 07348403 Priority date : 18.12.1995 Priority country : JP

(54) METHOD AND DEVICE FOR HIERARCHICALLY APPROXIMATING SHAPE DATA WITH PICTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To execute a high speed plotting while maintaining plotting quality for CG plotting and to approximate a geometric model while considering the existence of texture itself.

SOLUTION: All edges of polygon data inputted in S1 are evaluated based upon the change of volume due to the removal of edges by the use of a prescribed evaluation function in S2, sorted based upon evaluation values in S3, and edges having small evaluation values are removed since it is assumed that edges of which influence to a general shape is small in S4. In S5, new vertexes are determined by the loss of vertexes due to the removal of the edges. In S6, the movement of edge-removed texture coordinates and the removal of texture are executed based upon the area change of the texture due to edge removal by the use of the prescribed evaluation function. In S7, the processing of S2 to S6 are repeated, so that a polygon model approximated to required hierarchy can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-231401

(43)公開日 平成9年(1997)9月5日

(51)Int.Cl.
G 0 6 T 15/00
11/00

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 6 F 15/72

技術表示箇所
4 5 0 A
3 5 0

審査請求 未請求 請求項の数19 FD (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平8-273064
(22)出願日 平成8年(1996)9月24日
(31)優先権主張番号 特願平7-348403
(32)優先日 平7(1995)12月18日
(33)優先権主張国 日本 (J P)

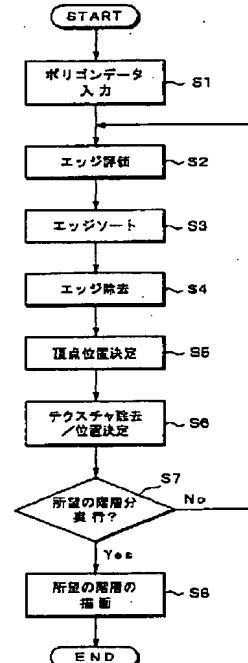
(71)出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72)発明者 堀川 順治
東京都品川区東五反田1-14-10 株式会
社ソニー木原研究所内
(72)発明者 戸塚 卓志
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(74)代理人 弁理士 杉浦 正知

(54)【発明の名称】 画像付き形状データの階層的近似化方法および装置

(57)【要約】

【課題】 CGの描画において、描画品質を維持しながら高速な描画を行うと共に、テクスチャそのものの存在を考慮した上で、幾何モデルの近似化を行なえるようにする。

【解決手段】 S 1 で入力されたポリゴンデータは、S 2 で、所定の評価関数で以て、エッジ除去による体積変化に基づき全エッジを評価され、S 3 で評価値に基づきソートされ S 4 で評価値の小さいものが大局的な形状に対する影響が少ないとされ除去される。S 5 で、エッジの除去による頂点の喪失から新たな頂点が決定される。S 6 で、所定の評価関数で以て、エッジ除去によるテクスチャの面積変化に基づきエッジ除去後のテクスチャ座標の移動およびテクスチャの除去を行なう。S 7 により S 2 ~ S 6 の処理を繰り返すことによって、所望の階層に近似化されたポリゴンモデルを得ることができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 形状データを所望の解像度に近似化する形状データの階層的近似化方法において、上記形状データを構成する各エッジの重要度を評価するステップと、上記エッジの評価の結果に基づいて不要なエッジを除去するステップと、上記不要なエッジを除去した後の頂点位置を決定するステップとからなることを特徴とする形状データの階層的近似化方法。

【請求項2】 画像データを張り付けた形状データを所望の解像度に近似化する画像付き形状データの階層的近似化方法において、近似化時に形状データのどのエッジを除去するかを決定するエッジ除去決定のステップと、上記エッジ除去決定に基づきなされたエッジ除去後の上記形状データにおいて新しい頂点位置を決定する頂点移動決定のステップと、上記エッジ除去決定のステップと上記頂点移動決定のステップとからの出力に従って、上記形状データに張り付けた画像データにおいて不要になった頂点の除去および上記形状データにおける新しい頂点位置に合わせて上記画像データ上の頂点移動を行う画像データ除去移動決定のステップとからなる画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の形状データの階層的近似化方法において、上記形状データは3次元のポリゴンデータであることを特徴とする图形データの階層的近似化方法。

【請求項4】 請求項1または請求項2に記載の形状データ近似化方法において、上記エッジの評価は、該エッジが除去されたときの上記形状データで規定される形状の体積変化分を求め、該体積変化分が小さいほど上記エッジの重要度が小さいと判断することを特徴とする形状データの階層的近似化方法。

【請求項5】 請求項1または請求項2に記載の图形データの階層的近似化方法において、上記エッジの評価は、該エッジが除去されたときの上記形状データで規定される体積変化分および上記エッジの長さを求め、該体積変化分が小さいほど上記エッジの重要度は小さいと判断し、該面積変化分が小さいほど上記エッジの重要度は小さいと判断し、上記エッジの長さが小さいほど上記エッジの重要度が小さいと判断することを特徴とする图形データの階層的近似化方法。

【請求項6】 請求項4または請求項5に記載の图形データの階層的近似化方法において、上記エッジの評価は、上記エッジ重要度と使用者によって別に与えられたエッジの重要度とを用い、上記エッジ重要度と上記別に与えられたエッジの重要度とが共に低

2

いエッジから上記エッジの重要度が小さいと判断することを特徴とする图形データの階層的近似化方法。

【請求項7】 請求項1または請求項2に記載の图形データの階層的近似化方法において、上記頂点は、上記頂点の位置に対して上記除去されるエッジを構成する一端の頂点側と他端の頂点側とで上記エッジ除去に伴う上記体積変化分が等しくなるような位置に配置することを特徴とする图形データの階層的近似化方法。

10 【請求項8】 請求項1または請求項2に記載の图形データの階層的近似化方法において、上記頂点は、上記エッジ除去による上記体積変化分が最小になるような位置に配置することを特徴とする图形データの階層的近似化方法。

【請求項9】 請求項1または請求項2に記載の图形データの階層的近似化方法において、上記頂点は、上記エッジが除去される部分の形状が凹型または凸型の形状の場合には上記体積変化分が最小になる位置に決定し、上記エッジが除去される部分の形状がS字状の形状の場合には上記頂点位置に対して上記除去されるエッジを構成する一端の頂点側と他端の頂点側とで上記体積変化分が等しくなるような位置に配置することを特徴とする图形データの階層的近似化方法。

20 【請求項10】 請求項1または請求項2に記載の图形データの階層的近似化方法において、上記頂点は、上記エッジ除去後に残る頂点を上記エッジ除去以前と同じ位置に配置することを特徴とする图形データの階層的近似化方法。

【請求項11】 請求項2に記載の画像データ付き形状データの階層的近似化方法において、上記画像データ除去移動決定のステップは、上記エッジ除去決定のステップの出力に従って除去されるエッジの頂点に対応した上記画像データの頂点を除去することを特徴とする画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

30 【請求項12】 請求項2に記載の画像データ付き形状データの階層的近似化方法において、上記画像データ除去移動決定のステップは、上記頂点移動決定のステップの出力に従って、上記形状データにおける新しい位置への頂点の移動に応じて、上記画像データ上の対応する頂点の新しい位置を決定することを特徴とする画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

40 【請求項13】 請求項12に記載の画像データ付き形状データの階層的近似化方法において、上記画像データ除去移動決定のステップは、上記画像データの頂点の移動する量を、除去されたエッジに元々対応していた画像データ上の2頂点間の座標から、その補間によって求めることを特徴とする画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

50 【請求項14】 請求項12または請求項13に記載の

3

画像データ付き形状データの階層的近似化方法において、上記画像データ除去移動決定のステップにおいて決定する画像データの頂点の補間は、線形補間を使って求ることを特徴とする画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

【請求項15】 請求項12または請求項13または請求項14に記載の画像データ付き形状データの階層的近似化方法において、

上記画像データ除去移動決定のステップは、上記頂点移動決定のステップの出力に従って、上記頂点移動を決定する際に使用した頂点移動の補間係数をそのまま使って、画像データ頂点の移動量を決定することを特徴とする画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

【請求項16】 請求項2または請求項11に記載の画像データ付き形状データの階層的近似化方法において、上記画像データ除去移動決定のステップは、除去対象となったエッジが上記画像データの輪郭線上にある場合に、エッジ除去後の面積変化分が所定の範囲を越える場合には上記除去対象となったエッジの除去を行わないことを特徴とする画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

【請求項17】 請求項2または請求項12に記載の画像データ付き形状データの階層的近似化方法において、上記画像データ除去移動決定のステップは、近似化によって影響を受ける上記画像データの面積変化分を求め、該変化分が所定の範囲内に収まるように上記画像データ座標の移動量を決定することを特徴とする画像データ付き形状データの階層的近似化方法。

【請求項18】 形状データを所望の解像度に近似化する図形データの近似化装置において、

上記形状データを構成する各エッジの重要度を評価する評価手段と、

上記エッジの評価の結果に基づいて不要なエッジを除去するエッジ除去手段と、

上記不要なエッジを除去した後の頂点位置を決定する頂点位置決定手段とを有することを特徴とする図形データの近似化装置。

【請求項19】 画像データを張り付けた形状データを所望の解像度に近似化する画像データ付き形状データの階層的近似化装置において、

近似化時に形状データのどのエッジを除去するかを決定するエッジ除去決定手段と、

エッジ除去後の形状データにおいての新しい頂点位置を決定する頂点移動決定手段と、

上記エッジ除去決定手段と上記頂点移動決定手段とからの出力に従って、上記形状データに張り付けた画像データにおいて不要になった頂点の除去および上記形状データにおける新しい頂点位置に合わせて上記画像データ上の頂点移動を行う画像データ除去移動決定手段とからなる

4

画像データ付き形状データの階層的近似化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、CG (Computer Graphics) において使用される幾何モデルを、その形状の持つ複雑度を削減することによりデータ量を削減し、CGの描画を高速に行うことが可能な、画像付き形状データの階層的近似化方法および装置に関する。また、この発明は、より違和感を覚えない方法で近似化した形状

10 を変化させるようにされているため、CGを利用するゲームを始め、VR (Virtual Reality) 、デザインなどに用いて好適な画像付き形状データの階層的近似化方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】CGでモデルを使って描画を行う場合には、常に同一のモデルを使用するのが一般的である。例えば図14に示すように、100%のデータを有する詳細なオリジナルのモデルを作成し、これを使用してディスプレイ上でCGを描画する。画面の中でモデルが遠くに配置されて見かけ上は小さくなってしまっても、同一のモデルを使用するためにモデルの詳細度は変わらない。このために、描画に要する時間は、モデルの詳細度とその数に負う。

20 【0003】しかし、モデルが遠くに配置されたことにより画面上で小さくなったり、あるいは画面の注目点から外れたことにより観察者がそのモデルに注目しなくなった場合には、必ずしも同じ詳細度を持ったモデルを使った描画する必要が無くなる。つまり、モデルの持つ頂点数を減らしたりポリゴンの面数を減らすなどの手法を用いてモデルの詳細度をある程度落とした、似たモデルを使用することで見かけ上は同一のモデルを使っているように見せることが可能である。この例を図15に示す。モデルが遠くに配置され、画面上での大きさが小さな場合には、例に示したように、オリジナルのモデルに対して、データが例えば50%, 25%と削減され詳細度を落とされ近似化されたモデルを使用してCGの描画を行えば良い。このように、オリジナルモデルに比べてデータ量の少ないモデルを使用することによって、描画の高速化が図れる。

30 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、このようなモデルの近似化は、CGモデルの描画には有用なものである。しかしながら、モデルの詳細度を落とし近似化を行う際に、モデルのデータ量を単純に削減するだけでは観察者がこの近似化モデルを見た際に違和感を感じてしまう。この違和感を抑えることができれば、描画速度と描画品質の両方への要求を満足することができる。そのためには、モデルの持つ大局的な特徴部分を残し、それ以外の部分を削減しながらデータ量を減らすこと

50 とが望ましい。このようなモデルの近似化は、従来で

は、多くはデザイナーの手作業によって行われており、この作業には多くの手間と時間が必要とされていた。

【0005】また、描画対象となるモデルのモデル面に対して2次元の画像を張り付けて、よりリアルな映像を得ることが一般に行われている。これはテクスチャマッピングと称される。このときに張り付けられる画像をテクスチャと称する。このテクスチャマッピングがなされたモデルに対して上述の形状の近似化を行う際には、モデル面に張られているテクスチャにも注意を払う必要がある。すなわち、近似化時に、テクスチャ形状の崩れによりモデルの見栄えが悪くなってしまうのを防いだり、近似化したモデルに再度テクスチャを張り付けるために全体の作業量が増えるなどの弊害が起こらないようにする必要がある。

【0006】過去の研究において、Francis J. M. Schmidt, Brian A. Barsky, Wen-Hui Du による "An Adaptive Subdivision Method for Surface-Fitting from Sampled Data" (Computer Graphics Vol. 20, No. 4, August 1986) では、3次元の形状に対してベジエパッチを張り付けて形状の近似を行っているが、一般的なポリゴンを対象としていないという問題がある。

【0007】また、Greg Turk による "Re-Tiling Polygonal Surface" (Computer Graphics Vol. 26, No. 2, July 1992) では、ポリゴンモデルを階層的に近似する試行を行っている。しかし、この論文におけるアルゴリズムは、丸みを帯びた形状には適用できるが、角張った形状には適さない問題点があり、一般的な形状を対象としていない。さらに物体形状の特徴点を元に形状を近似化することを考慮していない。

【0008】さらに、Hugues Hoppe による "Mesh Optimization" (Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, SIGGRAPH 1993) では、近似化モデルの評価にエネルギーを導入し、このエネルギーを最小とするようにエッジの除去、パッチの分割、エッジのスワップを繰り返してモデルを近似化している。しかし、この論文の手法では、エネルギーの最小点を見いだすまでに長い反復計算を必要とするばかりでなく、局所的な最小点に陥らないために、他のエネルギー最小問題と同様に simulated annealing などの解決手法を必要とする。またエネルギー最小点が必ずしも視覚的に最良となる保証もない。

【0009】さらにまた、これらの論文においては、近似化時に、モデルに張り付けたテクスチャまでは考慮されていない。このため、これらの論文による方法でのモデルの近似化では、近似化後にテクスチャを改めて近似化モデルに張り付けるというように、2重の処理が必要になるという問題点があった。

【0010】このように、過去における研究では、ポリゴン描画の際のモデル近似化に対して問題を含んでいた。すなわち、従来の方法においては、形状近似化の適

用が限定されている、近似化のために長い計算時間が必要とされる、また大局的に必要な特徴点を考慮した近似化が行われていないなどといった問題点があった。また、近似化モデルの切り替え時における観察者に与える違和感を考慮に入れた、連続的な階層の切り替えを実現するための図形データの近似化も行われていなかった。

【0011】また、テクスチャが張り付けられた幾何モデルに対して近似化を行なう際に、モデルに張り付けたテクスチャの形状保存を行い、近似化後の品質劣化を防ぐことが行われていないという問題点があった。また、近似化後に改めてテクスチャを張り付ける必要を無くすといった対策が取られていないという問題点があった。さらに、テクスチャそのものの存在を考慮した近似化が行われていないという問題点があった。

【0012】したがって、この発明の目的は、CGの描画において、描画品質を維持しながら高速な描画を行うような、画像付き図形データの階層的近似化方法および装置を提供することにある。

【0013】また、この発明の目的は、テクスチャそのものの存在を考慮した上で、幾何モデルの近似化を行なうような、画像付き図形データの階層的近似化方法および装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明は、上述した課題を解決するために、形状データを所望の解像度に近似化する形状データの階層的近似化方法において、形状データを構成する各エッジの重要度を評価するステップと、エッジの評価の結果に基づいて不要なエッジを除去するステップと、不要なエッジを除去した後の頂点位置を決定するステップとからなることを特徴とする形状データの階層的近似化方法である。

【0015】また、この発明は、上述した課題を解決するために、画像データを張り付けた形状データを所望の解像度に近似化する画像付き形状データの階層的近似化方法において、近似化時に形状データのどのエッジを除去するかを決定するエッジ除去決定のステップと、エッジ除去決定に基づきなされたエッジ除去後の形状データにおいて新しい頂点位置を決定する頂点移動決定のステップと、エッジ除去決定のステップと頂点移動決定のステップとからの出力に従って、形状データに張り付けた画像データにおいて不要になった頂点の除去および形状データにおける新しい頂点位置に合わせて画像データ上の頂点移動を行う画像データ除去移動決定のステップとからなる画像データ付き形状データの階層的近似化方法である。

【0016】また、この発明は、上述した課題を解決するために、形状データを所望の解像度に近似化する図形データの近似化装置において、形状データを構成する各エッジの重要度を評価する評価手段と、エッジの評価の結果に基づいて不要なエッジを除去するエッジ除去手段

と、不要なエッジを除去した後の頂点位置を決定する頂点位置決定手段とを有することを特徴とする図形データの近似化装置である。

【0017】また、この発明は、上述した課題を解決するために、画像データを張り付けた形状データを所望の解像度に近似化する画像データ付き形状データの階層的近似化装置において、近似化時に形状データのどのエッジを除去するかを決定するエッジ除去決定手段と、エッジ除去後の形状データにおいて新しい頂点位置を決定する頂点移動決定手段と、エッジ除去決定手段と頂点移動決定手段とからの出力に従って、形状データに張り付けた画像データにおいて不要になった頂点の除去および形状データにおける新しい頂点位置に合わせて画像データ上の頂点移動を行う画像データ除去移動決定手段とかなる画像データ付き形状データの階層的近似化装置である。

【0018】上述したように、この発明は、形状データの各エッジの重要度を評価し、この評価に基づき不要なエッジの除去およびエッジが除去された後の新しい頂点が決定され、さらに、新しい頂点位置に合わせて画像データ上の頂点移動を行なうようにされているために、形状データの近似化を、形状モデルに張り付けられた画像データを崩れを押さえつつ、形状の変化が少ないように行なうことができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を、図面を参照しながら説明する。図1は、この発明による、テクスチャマッピングされた幾何(ポリゴン)モデルの階層的近似化のフローチャートを示す。また、図2は、このフローチャートを実行可能な描画装置の構成の一例を示す。

【0020】図2に示されるように、この描画装置は、キーボード1、フロッピーディスクドライブ(FDD)2、光磁気ディスク(MO)ドライブ3などのデータ入力デバイス、CPU4やRAM5などによるデータ処理装置、ハードディスク6や半導体メモリ7などの外部記憶装置、およびCRTなどによる表示装置8などから成り、これらのそれぞれがバス9によって互いに接続された、標準的な構成のコンピュータによって構成することができる。なお、入力デバイスとしては、他にマウスなども用いられ、また、フロッピーディスクドライブ2、MOドライブ3は、データ出力デバイスとしても用いられる。さらに、インターネットなどのネットワークからデータの供給を行なうようにすることもできる。なお、この構成は一例であって、実際の描画装置の構成は種々可能である。

【0021】先ず、図1に示されるフローチャートにおける処理について、概略的に説明する。ポリゴンの各面には、画像データであるテクスチャが割り当てられ張り付けられる。この発明においては、このポリゴンの近似

化を行うために、ポリゴンを構成するエッジの除去を行い、その形状を近似化する。このエッジの除去だけではポリゴンの形状が近似化されるだけであるため、ポリゴンの各面に割り当てられたテクスチャの近似化を行なうために、エッジ除去に伴ったテクスチャの統合とテクスチャ座標の移動による最適化がなされる。

【0022】最初のステップS1において、オリジナルのポリゴンデータの入力が行われる。そして、この入力されたポリゴンデータに対して、各面にテクスチャが張り付けられる。このデータの入力およびテクスチャの張り付けは、キーボード1から人手によって、あるいは、他所で作成されフロッピーディスクやMOディスクに記憶されたデータがFDD2やMOドライブ3において読み出されることによって行われる。また、このポリゴンデータの入力は、例えばインターネットといった、ネットワークを介して行なうようにもできる。

【0023】次のステップS2では、入力されたポリゴンデータについて、エッジ除去を行うための各エッジの評価が行われる。このステップS2でのエッジ評価において、入力されたポリゴンデータにおける各エッジが後述する方法によってそれぞれ数値化され評価値とされる。そして、次のステップS3において、ステップS2において得られた各エッジの評価値に対してソートが行われ、評価値が最小であるエッジが選択される。そして、処理はステップS4に移行する。ステップS4では、ステップS3で選択された、評価値が最小のエッジの除去が行われる。

【0024】ステップS4においてエッジの除去が行われると、処理は次のステップS5に移行する。このステップS5では、ステップS4でエッジが除去された後に残る頂点の位置が決定される。そして、ステップS6で、エッジ除去に伴って不要になったテクスチャ部分の除去および残ったテクスチャ座標の位置決定が行なわれる。

【0025】上述のステップS2からこのステップS6までの処理で、1段階の精度で近似化された、テクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータが得られる。このステップS2からステップS6までの処理を繰り返し実行し、エッジの除去および新しい頂点の決定、ならびにこれらの伴うテクスチャの処理を重ねることによって、所望の精度で、テクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータを得ることができる。

【0026】ステップS6において、所望の精度のテクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータが得られたとされれば(ステップS7)、処理はステップS8に移行し、この得られたテクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータの表示装置8に対する描画が行われる。また、それと共に、得られたテクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータを、ハードディスク6やメモリ7といった外部記憶装置、FDD2に挿入されたフ

ロッピーディスクやMOドライブ3に挿入されたMOに対して記憶させるようにしてもよい。さらに、得られたデータを、ネットワークを介して他のコンピュータシステムに対して供給し、記憶させるようにもできる。

【0027】以上のフローチャートの処理は、図2のハードウェア構成においてCPU4を中心に行われ、また、処理の中途で必要となる指示などは、キーボード1などからなる入力デバイスからCPU4に対して行われる。

【0028】先ず、まずモデル近似化に関わる処理について説明する。上述したように、ポリゴンモデルの近似は、エッジ除去の繰り返しによって実行される。このとき、モデルが持つ全局的な形状に寄与しない小さな凹凸成分を判断し、この判断に基づき、どのエッジを優先的*

$$F(e) = \sum |aV_i + bS_i|$$

*に除去すべきかの決定がなされる。この、優先的に除去するエッジの選択のために、モデルを構成する各エッジがどれくらい全局的な形状に寄与するか、すなわちエッジの重要度の評価を行い、この評価値が小さなエッジから除去が行われる。ステップS2において、このエッジの重要度の評価が行われる。

【0029】この評価値を得、除去に適したエッジを選択するために、ポリゴンモデルを構成するエッジのそれがどれ程このポリゴンモデルの形状に寄与しているかを評価する評価関数を導入する。式(1)にこの評価関数の一例を示し、図3にこの式(1)を説明するための図を示す。

【0030】

【数1】

..... (1)

$$\text{ただし } V_i = (N_i \cdot E) \times A_i$$

$$S_i = |E| \times A_i$$

【0031】図3Aに示される、各面が三角形で構成された球状のポリゴンモデルの一部を拡大した例が図3Bである。式(1)は、2頂点v1, v2から構成されるエッジeを評価する。ここで、エッジe(v1, v2)を構成する2頂点v1, v2について、これらを頂点として含む面の集合をS(v1), S(v2)とした場合、iの範囲は、S(v1) ∪ S(v2)となる。すなわち、この図3Bに示された例では、1 ≤ i ≤ 10とされる。また、Eはエッジeの向きと長さを持つベクトル、Niは各面の単位法線ベクトル、Aiは面の面積、|E|はベクトルEの長さをそれぞれ示す。

【0032】式(1)は、2つの項からなり、第1項Viは、評価対象となるエッジを除去した場合に変化する体積量を表す。なお、ここでの体積量とは、ポリゴンの形状データで規定される形状の仮想的な体積をいう。第2項Siは、対象エッジの両脇に存在する面と対象エッジの長さを乗算した値である。これは対象エッジだけを含んだ面の体積変化分を意味する。これらの2つの項には、a, bの係数がそれぞれかけられており、ユーザは、これらの係数の大小を適当に設定することによって、第1項Viおよび第2項Siの何方の項を優先するかを選択することができる。

【0033】第1項のViは、評価対象となるエッジの周辺形状に大きく依存する。一方、第2項のSiは、対象エッジの長さとその両脇に存在する面の面積に依存する。モデル形状が一枚の紙のようにフラットな形状のポリゴンモデルでは、エッジe(v1, v2)を除去した場合、ViよりもSiの項による変化量が大きい。また全ての面が同じような形状と面積の面で構成されている

ポリゴンモデル、例えば図3Aに示されたモデルでは、SiよりもViの項による変化量が大きくなる。

【0034】ポリゴンモデルを構成する各エッジについてこの式(1)の値を計算し、各エッジに対する評価値をそれぞれ得る。次のステップS3において、その計算値を大きさの順にソートして最も小さな評価値のエッジを選択することによって、エッジ除去時のモデル形状への寄与が最小のエッジが得られる。

【0035】また、このステップS2におけるエッジの重要度の評価の際に、エッジの長さも考慮して、評価値が同じ場合にはエッジの長さが小さな方から除去対象とするようにしてもよい。

【0036】なお、式(1)は、ポリゴンモデルにおける局所的な評価値であるが、ある注目エッジの評価値に対して、その周辺エッジの評価値を加えた値で、各エッジを評価することもできる。この場合は、1つのエッジ周辺形状のみならず、より広範囲な形状で評価をすることができる。このように使用者の評価したい領域が広ければ、その領域に従って式(1)の計算範囲を広げることができる。

【0037】また、単に式(1)の計算による評価値だけでなく、使用者が評価値を与えたり、あるいは評価値の大小を操作することもできる。したがって、使用者が形状の中で残したい部分や、逆に早く近似化したい部分がある場合、その部分を指定して近似化の処理にデザイナやオペレータの意向を反映することが可能となる。この場合、使用者の操作した値と計算された評価値とにそれぞれ重み付け係数を与え、重み付き加算を行い評価値の決定を行う。

11

【0038】この場合、重み付け係数の与え方により、例えば使用者が指定した評価値に大きな重みを与えることによって、よりデザイナの意図を強く反映する近似化を行うことができる。逆に、式(1)の計算による評価値に大きな重みをあければ、形状の体積変化の定量的評価により忠実な近似化を行うことができる。このように、重み付けによって自由に形状の変化を制御することが可能である。

【0039】このように、ステップS2においてポリゴンデータの各エッジに対する評価値がそれぞれ得られると、次のステップS3において、得られた評価値に対してソートが行われ、最小の評価値を有するエッジが選び出される。このエッジのソートには、例え既知の技術であるクイックソートを利用することができます。勿論、他のソート方法を用いてもよい。この、クイックソートをはじめとするソート方法は、例えば、共立出版株式会社刊の「アルゴリズム辞典」などに詳しく解説されているために、ここではその説明を省略する。そして、次のステップS4において、選び出された最小の評価値を有するエッジの除去が行われる。

【0040】なお、ここでは、単純に評価値が最小のエッジを除去する例を説明したが、エッジ除去の順番や除去しないエッジを任意に指定するようにしてもよい。エッジを除去しない場合には、その部分の形状変化がない。例え2つのモデルが接する部分などのように、形状が変化しない方が望ましい場合には、エッジを除去しない部分を設定すればよい。

【0041】ステップS4でエッジの除去が行われると、そのエッジを構成していた頂点(この例ではv₁, v₂)が喪失される。そのため、次のステップS5において、エッジ除去に伴う新たな頂点位置の決定がなされる。図4は、この頂点位置決定の一例について示す。エッジを除去した後には、エッジを構成していた2つの頂点のうち何れか残される。この例では、図4Aの階層Nにおけるエッジe(v₁, v₂)が除去され、図4Bに示す階層N+1とされ、頂点v₁が残され新たな頂点v' とされる。

【0042】このとき、残される頂点v₁を何処の位置に置くかによって、エッジ除去後の形状が変化する。図5は、この残される頂点を置く位置を決定する方法の一例について示す。なお、この図5では、ポリゴンデータにおけるエッジ形状の断面を示している。すなわち、図5Aは、頂点v₁およびv₂で構成されるエッジe(v₁, v₂)がv₁およびv₂の外側のエッジに対して凸型に形成されている場合を示し、図5Bは、エッジe(v₁, v₂)がv₁およびv₂の外側のエッジに対して上下から挟まれS字型に形成されている場合を示す。また、図5Aおよび図5Bにおいて、頂点v'は、残される頂点を示す。

【0043】これら図5Aおよび図5Bにおいて、斜線

12

で示した領域S₁およびS₂は、エッジe(v₁, v₂)が除去され頂点v'が残された場合の、体積変化分を示している。エッジe(v₁, v₂)除去後に残される頂点v'の位置は、頂点v₁側での体積変化量S₁と、頂点v₂側での体積変化量S₂とが等しくなる位置に配置される。このように、除去されたエッジe(v₁, v₂)の両側の体積変化量が等しくなる位置に頂点を配置することで、エッジ除去後の形状をよりオリジナルの形状に近付けることが可能となる。

10 【0044】なお、上述の説明では、ステップS5において、除去するエッジ周辺の形状に関係なく、エッジの両端側における体積変化量がそれぞれ等しくなる位置に、残され新たな頂点とされる頂点v'を配置したが、これはこの例に限定されるものではない。例え、エッジ除去時の体積変化が最小になる位置に、頂点v'を配置するようにしてもよい。このように、エッジ両端側における体積変化量が等しくなるような位置に頂点v'を配置する方法と、体積変化が最小になる位置に、頂点v'を配置する方法とを、使用者の要望に従い使い分け20 ことができる。

【0045】また、エッジ周辺の形状を考慮して、形状が凹型あるいは凸型の場合には、エッジ除去後の体積変化が最小になる位置に頂点を配置し、S字型の場合には、エッジ両端側の体積変化量が等しくなる位置に配置するようにしてもよい。この場合には、頂点v'の位置は、凹型および凸型の場合ではエッジの両端のどちらかに寄ることになるが、S字型の場合にはS字の中間に配置されることになる。したがって、体積変化を抑える効果とS字のような連続した変化を面で吸収する効果とを30 合わせ持つようになることができる。

【0046】例え、鋸の歯のように小さなS字型の変化が続く領域では、大局的な形状では1つの面で近似化することが可能となるうえ、S字型以外の大きな変化部分は、元の形状により近い形で近似化できる。形状を優先した近似化では、このような設定を行うこともでき、使用者の意図に従って近似化の方法を使い分けることが可能である。

【0047】また、エッジ除去後に残る頂点位置を、エッジ除去以前の頂点位置から全く変化させないことも可能である。すなわち、上述の図4に示される例では、エッジe(v₁, v₂)が除去された後に、例え頂点v₁だけを除去前と位置を変えずに新たな頂点v'として残す。これは、注目している頂点が他のモデルとの接点に存在するなどで、その位置をずらさない方が望ましいような場合、有効な手段とされる。

【0048】ステップS5まででエッジの評価、除去、およびエッジの除去に伴う新たな頂点の決定がなされると、次のステップS6で、ポリゴンモデルの各面に張り付けられたテクスチャに関する処理が行なわれる。図650 は、ポリゴンモデル上のある面に画像データ(テクスチ

ヤ) を割り当てた例を模式的に示す。図6 Aは、頂点 $v_1 \sim v_8$ からなるポリゴンモデルそのものを示し、左側の図に示されるモデルから、点線で示されるエッジ $e(v_3, v_6)$ を除去すると、右側の図に示される形状に近似化されることを示す。

【0049】図6 Bは、図6 Aに示されるポリゴンモデルに対してテクスチャが張り付けられた様子を示す。ここでは、理解に容易なように、人物画に基づく画像データがテクスチャとして用いられている。図6 B中の各座標 $v_{t1} \sim v_{t8}$ は、図6 Aにおける頂点 $v_1 \sim v_8$ にそれぞれ対応する。したがって、左側の図での各座標 $v_{t1} \sim v_{t8}$ が図6 Aにおけるエッジ $e(v_3, v_6)$ を除去に伴い右側に示される図のようになることを示す。

【0050】ポリゴンモデルの近似化により頂点 v_6 が除去され、このモデルにおける2つの頂点 v_3 および v_6 が1つの頂点 v_3' に統合される。これに伴い、 v_3 および v_6 とからなるエッジ $e(v_3, v_6)$ を除去すれば、このエッジを含む両側の三角形の領域が喪失される。このとき、これらの三角形の領域の喪失を考慮しないと、テクスチャ座標 v_{t3}, v_{t4}, v_{t6} からなる画像データと、 v_{t3}, v_{t5}, v_{t6} からなる画像データとが喪失されることになる。

【0051】したがって、図6 Bの右側の図のテクスチャに示されるように、エッジ除去の近似化に合わせてテクスチャに統合と位置移動を行う必要がある。これにより、近似化モデル面上での連続した画像データの再生が可能とされる。

【0052】この例では、ポリゴンモデル上で頂点 v_3 と v_6 とが統合され頂点 v_3' が残される。この残された頂点 v_3' を、頂点 v_3 とする。この、頂点 v_3' の位置は、近似化前の v_3 と v_6 とからなるエッジ $e(v_3, v_6)$ 間の座標において、所定の配分 t で配置されている。この場合、この頂点 v_3' の座標は、 $(1-t) \times v_3 + t \times v_6$ として計算することができる。この配分係数 t は、 $0 \leq t \leq 1$ であれば、近似化前のエッジ $e(v_3, v_6)$ のエッジ直線上になり、 $t < 0$ あるいは $1 < t$ であれば、そのエッジ $e(v_3, v_6)$ 外の位置になる。したがって、この t の大きさを変化させることによって、エッジ除去によるモデル近似化後の形状変化量を制御できる。

【0053】このように、ポリゴンモデル上で頂点 v_3 と頂点 v_6 とが統合されて頂点 v_3' とされ、この頂点 v_3' は、頂点 v_3 および頂点 v_6 との間に配置される。したがって、これらの2つの頂点に対応していたテクスチャ座標 v_{t3} および座標 v_{t6} も、近似化後には座標 v_{t3}' に統合され座標 v_{t3}' とされる。そして、この座標 v_{t3}' は、近似化前の座標 v_{t3} および v_{t6} との間に配置される。

【0054】図7は、このエッジ除去に伴う、頂点の統合およびテクスチャ座標の統合について概略的に示す。

図7 Aは、エッジ $e(v_3, v_6)$ の除去に伴い、 $(1-t) \times v_3 + t \times v_6$ で計算される位置に統合された頂点 v_3' が配置された例である。残ったテクスチャ座標の配分は、この配分 t に基づく頂点 v_3' の配置と同様にして求めることができる。すなわち、図7 Bに示されるように、残ったテクスチャ座標 v_{t3}' の配分は、上述の頂点 v_3 と v_6 との間での配分 t と同じように、 $(1-t) \times v_{t3} + t \times v_{t6}$ とすることで、画像を張り付けるモデル形状の変化に合わせた形で、画像の配分を行なうことができる。これにより、図6 Bの右側の図に示されるように、テクスチャを連続してポリゴンモデルに張り付けることができる。

【0055】ここで、若し、ポリゴンモデルでの頂点 v_3 に対応したテクスチャデータの座標 v_{t3} の位置を、上述のようにモデル形状の変化に合わせて変化させない場合、例えば図6 Bに示されるテクスチャでは、除去したエッジ $e(v_3, v_6)$ を含んでいる三角形の面に対応した顔の位置にあたる画像をモデルに張り付けることができなくなる。

【0056】例えば、図8 Aに示されるオリジナルのポリゴンモデルに対して、エッジ $e(v_3, v_6)$ の除去時に消える三角形面に割り当てられていた画像データを考慮せず、エッジ e 除去後の頂点の統合関係から、頂点 v_6 に割り当てられていたテクスチャ上の座標 v_{t6} を残される頂点 v_3 側に対応させた場合、図8 Bに示されるように、顔の部分が消えてしまう。また、エッジ e 除去時の頂点の統合関係を考慮せずに、エッジ e 除去前の v_{t3} の座標をエッジ e 除去後にそのまま継承した場合には、図8 Cに示されるように、エッジ e 除去後には頂点 v_3 の座標が変わり、各面の面積が変わっているため、テクスチャを張り付けた結果は、歪んでしまう。すなわち、エッジ e 除去による面の変化とモデル頂点位置の変化とに合わせて、テクスチャデータも変化させる必要がある。

【0057】ところで、ポリゴンモデルにテクスチャを張り付ける場合、1つのみならず複数の異なるテクスチャをモデルに割り当てる場合がある。この場合はあるテクスチャから別なテクスチャに切りかわる境界が存在する。

【0058】テクスチャをポリゴンモデルに張り付ける場合、上述したように、テクスチャは、モデルの各頂点に割り当てられる。したがって、テクスチャの境界でも、その境界はモデルのエッジを構成する各頂点に割り当てられている。また、上述したように、モデルの近似化は、エッジ除去を所望の回数だけ繰り返すことによってなされる。このとき、除去対象となったエッジに割り当てられたテクスチャ領域がテクスチャの内部なら、上述の図6および図7で示したように、画像の連続性を保つて近似化することができる。

【0059】しかし、除去対象となったエッジに割り当

てられた画像の領域がちょうど画像の境界に存在する場合は、エッジ除去によってポリゴンモデルが近似化され、頂点位置が移動することによって複数のテクスチャが混ざるようになって、テクスチャの形状が崩れてしまう。これを防ぐために、エッジ除去の際に画像境界が崩れないように判定を行ない、エッジの除去を決定する必要がある。

【0060】図9Aに示されるように、斜線の部分の画像からなるテクスチャと、顔の部分の画像からなるテクスチャの2つの異なるテクスチャが混在して1つのポリゴンモデルに張り付けられている。図9Bは、図9Aに示されるモデルでのある連続したエッジ列を示している。この図9Aおよび図9Bに示されるモデルにおいて、例えば頂点v₄と頂点v₅とからなるエッジe(v₄, v₅)を除去し、除去後に頂点v₄が残される場合、除去対象エッジe(v₄, v₅)の中間に頂点v₄'に基づく頂点v₄'を配置する処理を行うと、図9Cに示されるように、エッジの輪郭線部が変化する。

【0061】この場合、頂点v₃～頂点v₆までのそれ*

$$F(e) = \sum |(N_i \cdot E) \times L_i|$$

【0064】ここで、Eはエッジeの向きと長さを持つベクトル、N_iはエッジの法線ベクトル、L_iはエッジの長さをそれぞれ示す。iの範囲は、除去対象となるエッジの前後に存在する境界線のエッジ全体である。この数式(2)の意味するところは、境界部分のエッジを取り除いた場合の面積変化分である。したがって、数式(2)の計算値が大きな場合には、エッジ除去による輪郭線部分の変化が大きくなる。

【0065】すなわち、数式(2)の計算値が大きな場合には、テクスチャの輪郭線部での画像変化が大きくなり、結果としてテクスチャ形状の崩れが発生する恐れがあることを示す。これを防ぐためには、上述の第1の手法のように、そのエッジを除去しないという手法もあるが、上述の第2の手法のように、数式(2)の値が指定された値より小さくなる範囲内でエッジ除去後のテクスチャ座標を移動させ、結果として輪郭線部の変化量を小さくさせる手法もある。第2の手法を用いることにより、近似化後のテクスチャの崩れを抑えることができる。

【0066】以上のようにして、所望の精度を持ったテクスチャを張り付けた近似化ポリゴンモデルを得ることができる。この場合、オリジナルのモデルに対してテクスチャが張り付けられていれば、近似化後に、モデルに対して再度テクスチャを張り付ける必要は無く、自動的にテクスチャ付きの近似化モデルを得ることができる。

【0067】上述したように、ステップS2からステップS6までの処理を繰り返して得られた近似化モデルは、それぞれハードディスク6やメモリ7といった外部記憶装置に記憶されるが、ステップS8での表示の際に

*それの頂点に対して顔の画像の輪郭部も張り付けられているから、図9Dに示されるように、張り付けていた2つの画像の形状が崩れてしまう。この例では、顔の絵の下部分形状が大きく変化し、斜線の画像が増えてしまうことになる。このように、画像の輪郭部が割り当てられているモデルのエッジでは、上述のように単純にエッジ除去を繰り返すと、近似化後の品質を悪化させることになる。

【0062】これを防ぐためには、テクスチャの境界部分になるエッジの除去評価関数を導入し、エッジ除去によってテクスチャ境界の形が大きく変わる場合には、次の何れかの手法を用いる必要がある。すなわち、第1の手法としては、そのエッジを除去しない。第2の手法としては、エッジは除去するが、除去後の頂点位置の移動量を調節する。このときの各エッジの除去評価関数には、次に示す数式(2)が用いられる。また、図10は、この数式(2)を説明するための図を示す。

【0063】

【数2】

$$\dots \dots (2)$$

は、この外部記憶装置に記憶された近似化モデルが読み出され描画され表示装置8に表示される。この表示は、上述の従来技術でも説明したように、例えばモデルが遠くに配置されたことにより画面上で小さくなったり、あるいは画面の注目点から外れたことにより観察者がそのモデルに注目しなくなった場合には、より近似化された階層のモデルに切り換えられて行われる。

【0068】この近似化モデルの切り替えの際に、近似化の程度が大きく異なるモデルに急に切り替えると、この切り替えの瞬間に、表示されているモデルの形状に急激な変化が生じ、観察者に対して違和感を与えてしまう。

【0069】この違和感を与えないためには、近似度を少しづつ変えた多数のモデルを用意し外部記憶装置に記憶させ、これらのモデルを順に切り換えるながら表示を行うようにすればよい。しかし、この場合には、記憶するモデルの量が増えてしまい、効率的ではない。そこで、少ないモデル数でもスムーズで連続な変換を実現するため、離散的な階層間でモデルを補間し、中間階層のモデルを得るようにすればよい。

【0070】例えば、上述の図4に示した例においては、エッジe(v₁, v₂)を除去した後の頂点がv' とされているが、この頂点v'は、エッジe(v₁, v₂)における頂点v₁およびv₂が互いに近づいて頂点v'となったと考えることができる。すなわち、頂点v₁およびv₂は、結果として頂点v'に統合されている。このように、エッジ除去前後での頂点の対応関係は分かっているから、その頂点の対応関係を利用してエッジ除去前後のデータから、エッジ除去前後の間でのデ

タを補間により得ることが可能である。

【0071】このような、離散的な階層間における中間階層の近似化モデルの形成方法は、先に本発明者の提案にかかる特願平6-248602号において詳細に説明されている。

【0072】図11は、このように、2つの階層間における頂点の対応関係を利用した、中間階層の近似化モデルの形成を示す。図11において、エッジ除去前を図11Aに示すように階層N、エッジ除去後を図11Cに示すように階層N+1として、この2つの階層から図6Bに示す中間階層N'のモデルを得ている。

【0073】この例では、階層Nのエッジe(v₁, v₂)を構成する頂点v₁およびv₂が階層N+1ではv₁になり、消えた頂点v₂は、v₁に統合されている。この頂点対応関係から、中間階層N'において階層Nのエッジe(v₁, v₂)に対応するエッジe'(v_{1'}, v_{2'})を構成する頂点v_{1'}, v_{2'}の位置は、階層Nと階層N+1との間ににおける線形補間で得ることができる。ここでは1つの中間階層を得る例を示しているが、所望の中間階層数に応じて、線形補間の度合いを変え、複数の中間階層を得ることができる。この中間階層の近似化モデルの作成は、モデルが表示される状況に応じてリアルタイムに行うことができる。

【0074】なお、ここでは、この中間階層の近似化モデルは、モデルの表示を行ながらリアルタイムに作成され表示されるように説明したが、これはこの例に限定されるものではない。例えば、中間階層の近似化モデルを予め作成し外部記憶装置に記憶しておき、表示の際にこの記憶された中間階層の近似化モデルを読み出すようにしてもよい。

【0075】ここでは、1つのエッジを除去した場合を例としてあげたが、実際のモデルの近似化においてはエッジの除去を複数回繰り返すため、ある階層の1頂点は、よりオリジナルモデルに近い別の階層の複数の頂点に対応する。このような2つの階層間における頂点の対応関係を利用すれば、全ての階層間でモデルの頂点を対応付けすることが可能となる。こうして得た頂点の対応関係に基づいて、中間階層のモデルを得る。

【0076】また、上述したように、テクスチャでの画像データ座標は、それぞれモデルの各頂点に割り当てられているから、このモデル頂点の場合と同様にして頂点v₁と頂点v₂とにそれぞれ割り当てられたテクスチャ座標v_{t1}およびv_{t2}の補間ににより、中間階層でのテクスチャを張り付けたモデルを得ることが可能である。この処理により、スムーズにオリジナルから最も近似化したモデルまでを連続して得ることができる。

【0077】以上の処理により、離散的な階層的近似化モデルが得られると共に、その中間階層のモデルも得ることが可能となる。このようにして得られ、記憶された近似化モデルは、ステップS8において、表示装置8に

おける画面での見かけのモデルの大きさ、位置、速度、視聴者の注目点に応じて切り替えられ表示される。図7は、この実施の一形態により得られた近似化モデルの例を示す。

【0078】図12は、この実施の一形態による処理結果の一例を模式的に示す。この例では、オリジナルモデルは182個の頂点、360個の面、279個のテクスチャ座標からなる球体である。この球体に、テクスチャとして地球の画像が張り付けられている。そして、オリジナルモデルに対して頂点数比較で60%ずつ減少させて近似化している。図13は、同じ近似化モデルのテクスチャを張らない場合のモデルのワイヤーフレーム状態を示す。図12では、画像が一貫して保たれているために、どれほど近似化されているかがわかりにくいが、図13に示されるような、テクスチャ画像を張り付ける前の近似化状態では、近似化の進行がはつきりと見て取れる。

【0079】また、図13により具体的に示されるように、この発明を用いることにより、頂点数を、オリジナルモデルの36%や21.6%にまで落とした場合でも、オリジナルモデルが持つ大局的な形状を損なうこと無く階層的近似化モデルを得ることができる。

【0080】なお、上述では、ポリゴンモデルにテクスチャ画像を張り付けた場合について説明したが、この発明は、勿論、テクスチャ画像を張り付けない場合についても適用することができる。この場合には、上述の図1に示されるフローチャートにおいて、ステップS6を省略することができる。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、CGに使用する例えばポリゴンデータといった幾何データに対して画像データ(テクスチャ)を張り付けた場合、テクスチャ形状の崩れや見た目の品質悪化を防ぎながら所望の詳細度に近似化することが可能となる。またモデルを近似化した後に改めてテクスチャを張り付ける手間も省くことができる。

【0082】したがって、この発明によれば、CGに使用する幾何モデルを、テクスチャを張り付けた状態で近似化することができる効果がある。また、単に近似化するだけでなく、近似化結果におけるテクスチャの形状崩れを抑えることができる効果がある。

【0083】また、この発明に基づく方法によって近似化した幾何モデルを使用することにより、CGの描画において、高速かつ高品質での描画の要求を満たすことが可能となる効果がある。

【0084】さらに、この発明によれば、CGに使用する幾何モデルを構成する各エッジの重要度を評価値によって評価することができる。そして、このエッジの評価値が低いエッジを優先的に除去することによって幾何モデルの近似化を行うことができる効果がある。

19

【0085】また、この発明によれば、大局的な形状の変化を抑えるように、エッジを除去した後に残る頂点の位置を決定することができる。これにより、近似化したモデルを使って描画する際の見た目の違和感を抑えることができる効果がある。

【0086】また、この発明によれば、CGで使用する図形データを複数の解像度で近似化することが可能であり、この発明によって得られた図形データを使うことによって、高速描画と高品質描画とを同時に満足することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明による、テクスチャマッピングされたポリゴンモデルの階層的近似化のフローチャートである。

【図2】この発明に適用可能な描画装置の一例を示す図である。

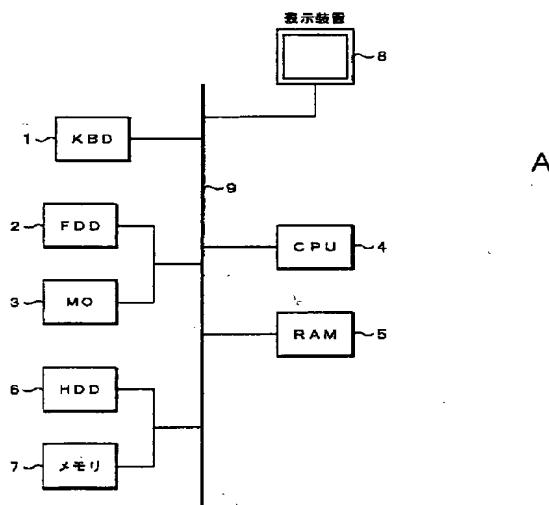
【図3】数式(1)を説明するための略線図である。

【図4】頂点位置決定の一例について示す略線図である。

【図5】残される頂点を置く位置を決定する方法の一例について示す略線図である。

【図6】ポリゴンモデル上のある面にテクスチャを割り当てる例を模式的に示す図である。

【図2】



20

【図7】エッジ除去に伴う頂点およびテクスチャ座標の統合について概略的に示す図である。

【図8】頂点の統合によりテクスチャに変化を来すことを説明するための図である。

【図9】2つの異なるテクスチャが1つのポリゴンに張り付けられた場合を説明するための図である。

【図10】数式(2)を説明するための略線図である。

【図11】中間階層の近似化モデルの形成の方法の例を示す略線図である。

10 【図12】この実施の一形態による処理結果の一例を概略的に示す模式的である。

【図13】この実施の一形態による処理結果の一例を概略的に示す模式的である。

【図14】従来方法によるCG描画の例を示す略線図である。

【図15】望ましいCG描画の例を示す略線図である。

【符号の説明】

S2 エッジ評価のステップ

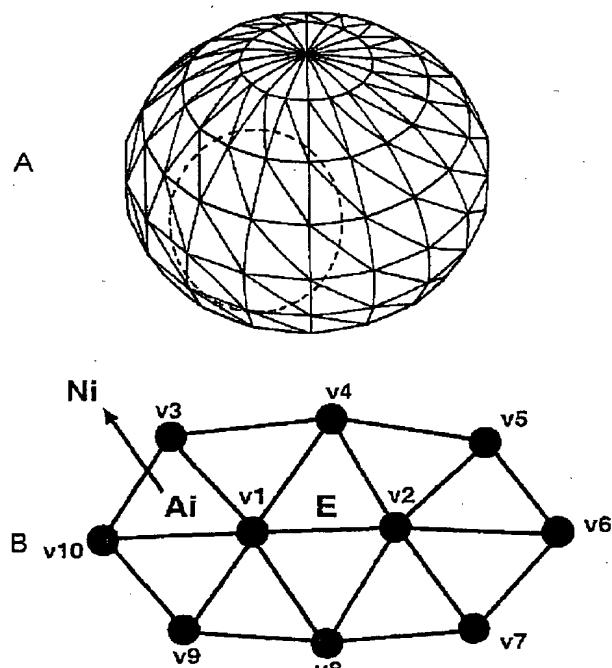
S3 エッジソートのステップ

20 S4 エッジ除去のステップ

S5 頂点位置決定のステップ

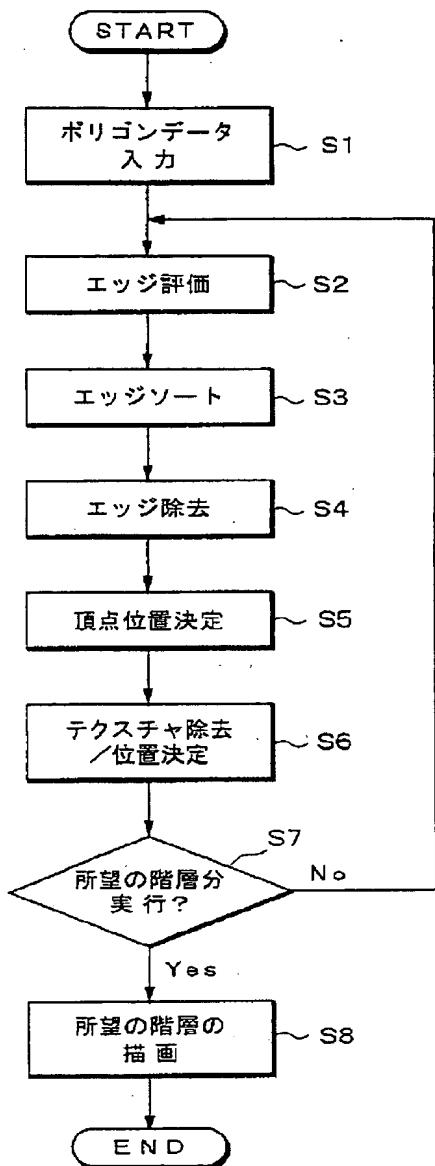
S6 テクスチャ除去およびテクスチャ座標位置決定のステップ

【図3】

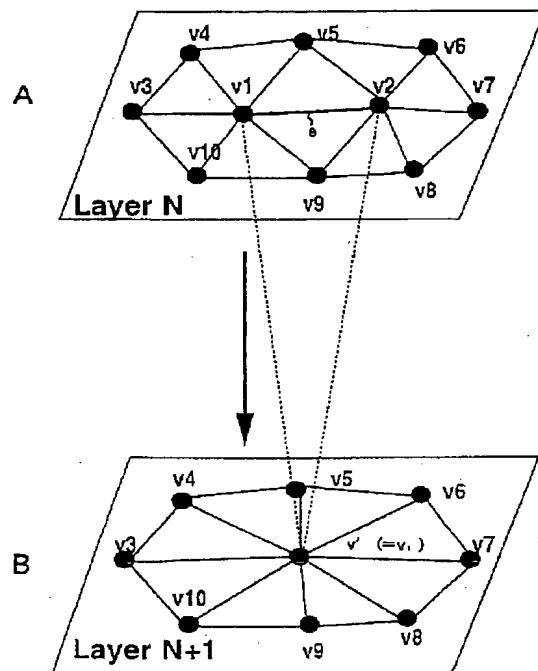


E:edge, Ni:normal, Ai:area,
v1~v10:vertices

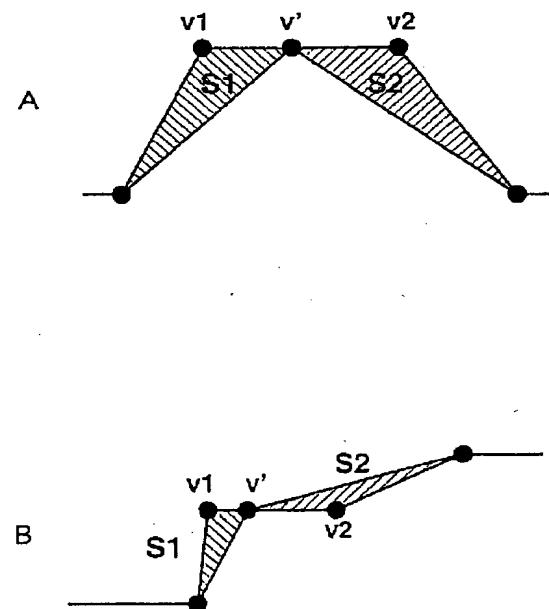
【図1】



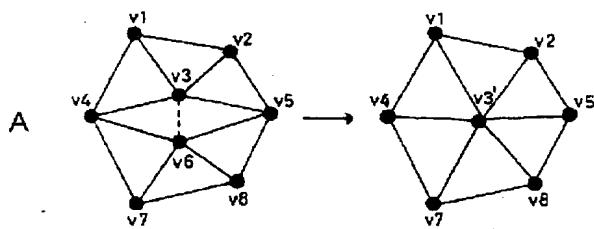
【図4】



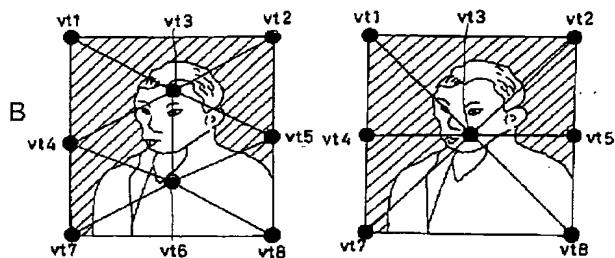
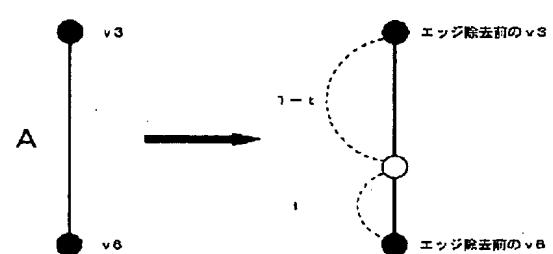
【図5】



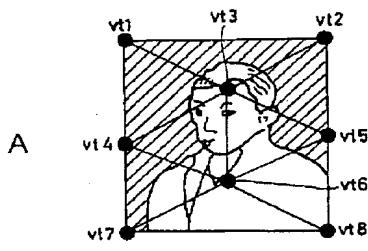
【図6】



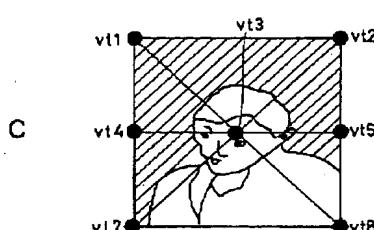
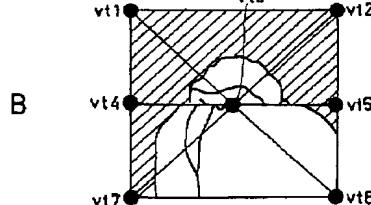
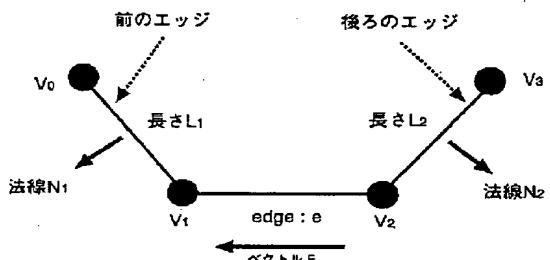
【図7】



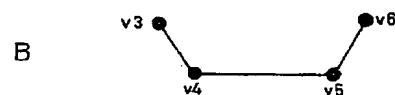
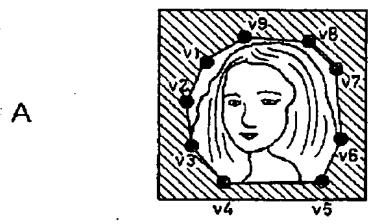
【図8】



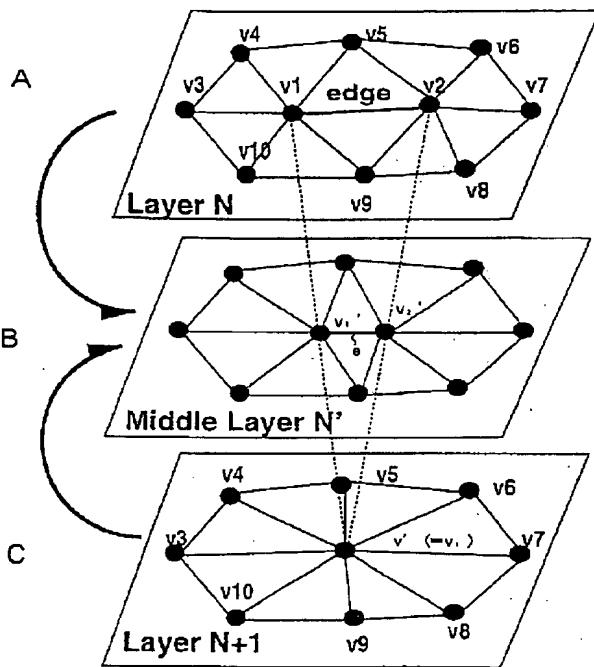
【図10】



【図9】

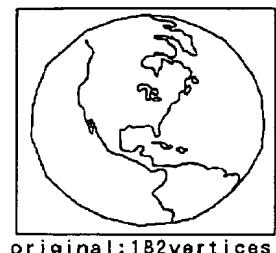


【図11】

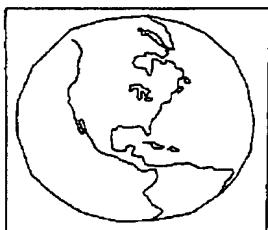


【図13】

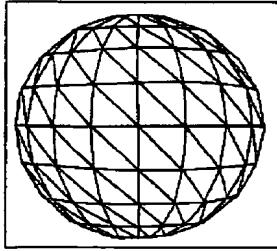
【図12】



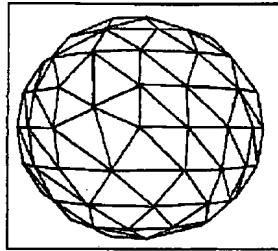
original: 182vertices



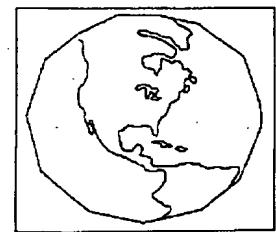
60%: 108vertices



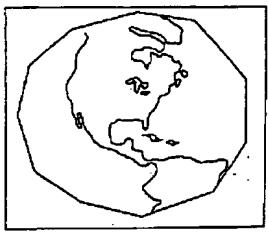
original: 182vertices



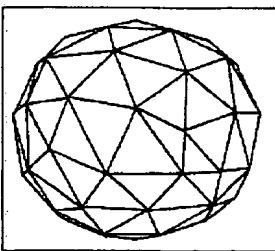
60%: 109vertices



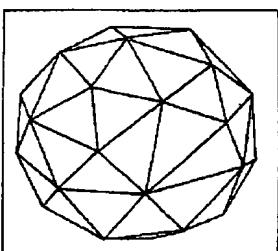
36%: 66vertices



21.6%: 39vertices

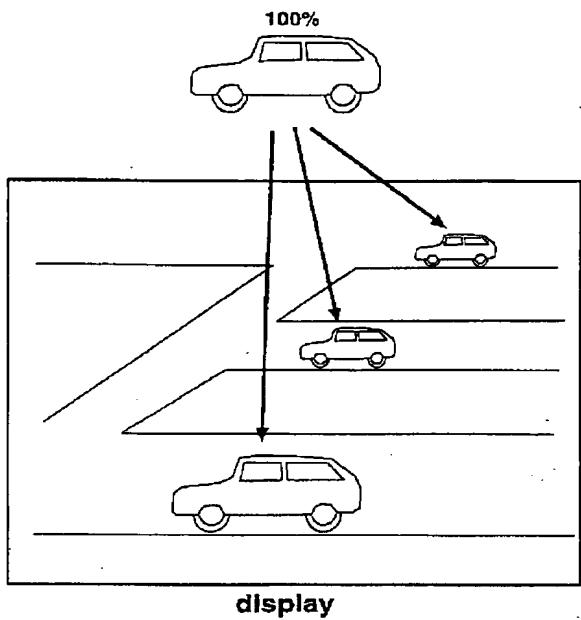


36%: 66vertices

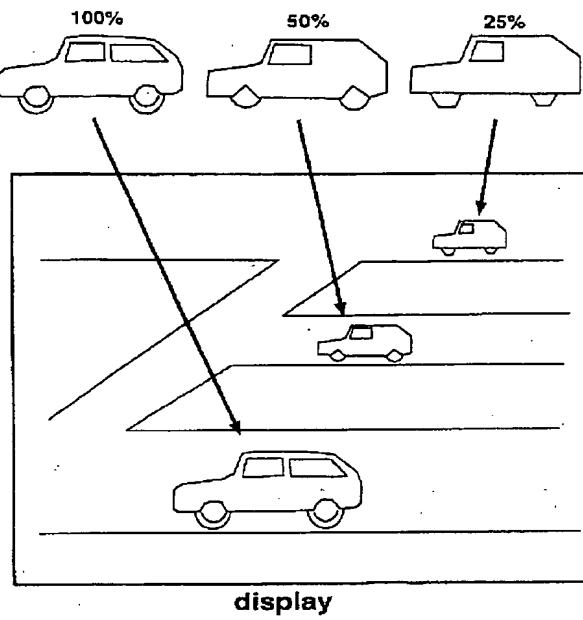


21.6%: 39vertices

【図14】



【図15】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.